

Reningseffekten av fosfor och kväve i regnbäddar

The purifying effect of phosphorus and nitrogen in rain gardens



Figur 1. Illustration av Elnaz Habibi, regnbäddar i en gatumiljö

Självständigt arbete 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2021

Reningseffekten av fosfor och kväve i regnbäddar
The purifying effect of phosphorus and nitrogen in rain gardens

Författare: Elnaz Habibi
Handledare: Ann-Mari Fransson, SLU, Institution för landskapsarkitektur, Planering och förvaltning
Examinator: Ishi Buffam

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Examenarbete i landskapsarkitektur för Landskapsingenjörer
Kurskod: EX0841
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Elnaz Habibi

Nyckelord: Regnbädd, Rain Garden, Biofilter, Näringsämnen (Fosfor och Kväve)

SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet
Institution för landskapsarkitektur, Planering och förvaltning

Förord

Denna kandidatuppsats skrevs vårterminen 2021 som en avslutning på min landskapsingenjörsutbildning. Det har varit en väldigt snabb, intressant och lärorik process för mig att skriva detta arbete.

Jag vill tacka min handledare Ann-Mari Fransson som har varit till stor hjälp under hela denna process. Tack för att trevliga zoom träff då du gett mig positiva kommentar samt väglett mig att fortsätta kämpa.

Jag vill också tacka Kent Fridell eftersom hans arbete i Movium Fakta inspirerade mig att skriva detta arbete samt tack att tillåta mig att använda bilder om olika typer av regnbäddar.

Sist vill jag tacka min familj för allt stödandet.

Sammanfattning

Flera hårdgjorda ytor och mindre vegetation i våra städer har orsakat att den naturliga infiltrationen minskar. Hårdgjorda ytorna gör att det blir en snabb avrinning som den traditionella dagvattensystem inte kan klara av. Detta ökar risken för översvämningar samt ger negativa effekter till miljön.

Dagvatten som leds direkt till brunnar innehåller föroreningar som förs vidare till recipienten. När det inte blir något rening av dagvatten smutsas sjöar, vattendrag och hav av föroreningar. Detta ger dålig vattenkvalite samt negativa effekter för växt- och djurliv men även människors hälsa. Därför är det viktig att ta hand om dagvatten genom naturligt infiltration istället för det traditionella systemet där dagvattnet via brunnar och ledningar leds direkt till recipienten.

Detta arbete undersöker effektiviteten hos regnbäddar för att rena näringsämnen (fosfor och kväve). Regnbäddens funktion är att rensa föroreningar och fördröja dagvatten innan det når mottagaren. Men reningseffektiviteten för fosfor och kväve beror på olika saker som filtermaterial och vegetation samt om regnbädden har en vattenmättad zon.

Abstract

Several hardened surfaces and less vegetation in our cities have caused the natural infiltration to decrease. The hardened surfaces mean that there is a rapid drainage that the traditional stormwater system cannot handle. This increases the risk of floods and has negative effects on the environment. Stormwater that is led directly to wells contains pollutants that are passed on to the recipient. When there is no purification of stormwater, lakes, streams and seas are polluted by pollution. This gives poor water quality and negative effects on plant and animal life but also human health. Therefore, it is important to take care of stormwater through natural infiltration instead of the traditional system where the stormwater via wells and pipes is led directly to the recipient.

This work examines the effectiveness of rain beds for purifying nutrients (phosphorus and nitrogen). The function of the rain bed is to clear contaminants and delay stormwater before it reaches the receiver. But the purification efficiency for phosphorus and nitrogen depends on various things such as filter material and vegetation and whether the rain bed has a water-saturated zone.

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte och frågeställning	8
1.3 Material och metod	8
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Introduktion.....	9
Vad är biofilter och regnbädd?	9
2. Litteraturstudie.....	17
2.1 Rening av föroreningar i regnbäddar	17
2.2 Rening av näringsämnen (Fosfor och Kväve)	17
2.2.3 Val av filtermaterial	18
2.2.4 Vegetation	19
2.2.5 Rening under vinter	20
3. Diskussion	21
4. Källförteckning.....	22

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Östersjön och andra sjöar, vattendrag och hav i Sverige står inför allvarliga problem, övergödning. Massiv igenväxning och algblooming i sjöar och hav kommer till följs av övergödning vilket försämrar vattenkvaliteten. Problemet är att övergödning utgör ett stort hot mot växt-, djurliv och människors hälsa (Ek, 2021). Men vad orsakar övergödning av våra sjöar, vattendrag och hav?

Höga halter av näringsämnen (kväve och fosfor) i mark/vatten ger upphov till övergödning. En del av läckage av näringsämnen är naturlig men på grund av mänskliga aktiviteter (bland annat från jordbruk, biltrafik, reningsverk) tillförs extra näringsämnen. År 2014, som ett resultat av mänsklig aktivitet mottog haven 114 600 ton kväve och 3340 ton fosfor. Mindre än hälften av dessa var naturliga utsläpp, men av utsläpp från människor kom 42% kväve och 35% fosfor från jordbruket och resten från avlopp, reningsverk och industrier (Jordbruksverket, 2020).

Som nämns ovan kommer stora mängder av näringsläckage från jordbruket. Jordbruksmarken är rik på ämnena fosfor (P) och kväve (N) och när jorden rörs om vid odling så släpps mer av dessa ämnen. En del av näringsämnen följer med vattnet vidare genom marken. Grödor tar upp det mesta men en del hamnar under det rot djup som växtrötterna inte når. Näring från växter kommer in i grundvattnet, diken, vattendraget och når så småningom sjöar och hav. Detta leder till näringsläckage och ger obalans mellan alger, plankton och fiskar. Denna obalans är orsaken till anaerob botten och fler algbloomingar (Jordbruksverket, 2020).

Ingen övergödning är ett av de sexton miljömålen i Sverige. Dessutom arbetar jordbruksverket och havs- och vattenmyndigheten för att hjälpa Sverige att nå miljömål (Jordbruksverket, 2020).

Fosfor

Fosfat finns i jord och vatten och absorberas av växter för att bilda organisk fosfor. Dessa växter konsumeras av konsumenter (djur). När djur dör bryts de ner av nedbrytare och återför fosfor till marken och vatten. I en process som kallas urlakning sköljs fosfater ut med rinnande vatten och bildar fosfater i sediment. Alltså partiklar av fosfater följer avrinningen ut till havet och så småningom sjunker ner i botten (sedimenterar) och packas till bergarter. Fosfater i bergarter återförs till marken och vatten via kemiska vittring (Allan & Castillo 2007).

Kväve

Kväve förekommer i olika kemiska form därför är kvävecykeln komplicerad. kvävgas finns i atmosfären och absorberas av olika organismer, särskilt en typ av organism som kallas kvävefixerande bakterier. kvävefixerande bakterier omvandlar kvävgas till ammonium. Ammonium i sin tur omvandlas till nitrat med hjälp av bakterier som kallas för nitrifikationsbakterier. Nitrifikation är uppdelad i två steg:

- Några bakterier utvinnet energi genom att oxidera ammonium till nitrit.
- Andra bakterier utvinnet energi genom att omvandla nitrit till nitrat. Både ammonium och nitrat absorberas av växter och blir organiskt kväve i växter. Växter äts upp av djur och bildar organiskt kväve i djur. Andra viktiga bakteriella process är denitrifikation (sker i vattenmättad zon). Denitrifikationsbakterier tar nitrat och omvandlar de till kvävgas, på detta sätt går kväve ut ur systemet och återvänder till atmosfären (Allan & Castillo 2007).

1.2 Syfte och frågeställning

Syfte: Regnbäddar har en viss rengöringseffekt på kväve, fosfor. Syftet med denna uppsats är att undersöka reningseffekten av regnbäddar i urbana miljö. För detta studeras båda filtermaterialet och växtvalets påverkan i reningen av fosfor och kväve.

Frågeställning: Vilken reningseffekt har regnbäddar på halterna av kväve och fosfor i dagvatten i skandinaviska klimatet?

1.3 Material och metod

För detta arbete kommer en litteraturstudie att genomföras. Material för detta hämtas från biblioteket vid SLU, Alnarp, material från tidigare kurser, samt föreläsningar och material från olika projekt. För att öka kunskapen om regnbäddar och dess design kommer vissa besök att göras på olika platser i Malmö.

För det mesta har jag använt mig av litteratur som Kent Fridell, Thomas Larm och Godecke Blecken varit med och skrivit om eftersom de är kunniga inom området. Jag sökte många litteratur men sökorden var ganska breda därför hittade jag gamla examarbeten och använde mig av källor som lämpade sig bäst för mitt arbete. Dessutom fick jag mycket hjälp från min handledare, Ann Mari Fransson för att hitta vetenskapliga källor. Min handledare kontaktade även Kent Fridell, Thomas Larm, Johan Eriksson och Britt Mari Alvem för att dela med sig material som skulle kunna hjälpa mig för arbetet.

Sökord i databaserna var bland annat regnbäddar, rain garden, bioretention, biofilter, stormwater planter och infiltration.

Fört börjar rapporten med att förklara ordet regnbädd, därefter ge en grundläggande beskrivning av olika typer av regnbäddar och dess uppbyggnad. Detta för att skapa bättre förståelse inför resultatet.

1.4 Avgränsningar

Rapporten kommer att undersöka effekter som förbättrar reningseffekten av fosfor och kväve i regnbäddar, i den skandinaviska klimatet. Fokusen ligger på nedsänkta regnbäddar med vegetation i stadsmiljö.

1.5 Introduktion

Vad är biofilter och regnbädd?

Olika lösningar av det gröna systemet kan användas för behandling och rening av dagvatten, bland annat biofilter (Boverket, 2019). Biofilter är en allmän term för olika dagvattensystem. I ett biofilter infiltreras och renas dagvattnet genom avskiljning av partikulära och lösta föroreningar med hjälp av växter och filtermaterial (Sveriges Miljömål, 2019). Olika biofiltersystem har olika namn beroende på plats, yta, form och användningsområde. Exempel på dessa är regnbäddar (rain gardens på engelska), svackdike, gröna tak, skelettjordar, torra dammar, översilningsyta med mera (Fridell & Jergmo, 2015). Fokusområde i denna rapport är regnbäddar.

Regnbäddar har på engelska benämningen rain garden (Fridell & Jergmo, 2015). I denna rapport används ordet biofilter, regnbädd och raingarden parallellt med samma betydelse. Regnbädd är ”en vegetationsbäddad markbädd med fördröjningszon för infiltrering och behandling av dagvatten” (Fridell & Jergmo, 2015). Bäddarna är nedsänkta och täckta med vegetation där dagvatten kan ledas. Rain garden är en del av öppen dagvattenhantering, dvs dagvattnet uppehålls innan det når recipient (Prince George's County, 2007). Detta minskar risken för översvämningar (SLU-nyhet, 2019) samt minskar mängden föroreningar som släpps ut i hav och sjöar (FAWB, 2019).

Redan under 50 - talet användes sandbaserade växtbäddar med dränlager under för att skapa växtbäddar som klarar att ta emot stora regnmängder och trafikvatten (Vinnova, 2014). Metoden raingarden konstruerades först av Larry Coffman under 1990-talet i USA Prince George's, Maryland. Coffman insåg att havet utanför Marylands skulle smutsas ner av föroreningar i dagvatten. Därför designade han en konstruktion som han kallade för Rain garden. Idéen med rain gardens handlade om att ta hand om dagvatten genom naturligt infiltration istället för det traditionella där dagvattnet via brunnar och ledningar leds direkt till recipienten 'havet' (Fridell & Jergmo, 2015). Försöket med rain garden gav positiva resultat vilket ledde till att man i Maryland lyckades att reducera avrinning från hårdgjorda ytor med 20 %. Sedan dess byggdes allt fler rain garden (Wise, 2008). Konceptet spreds även vidare över hela världen och har även nått Sverige som börjat att anlägga regnbäddar (Fridell & Jergmo, 2015).

Funktionen av regnbäddar

Fördelen med regnbäddar är att de är anpassningsbara system som kan utformas på olika sätt utan att täcka stora utrymmen. Det är nästan omöjligt att bygga ett våtmark i Stockholm, men regnbäddar kan byggas som en del av det befintliga landskapet. Biofilter kan anläggas på flera olika platser i en stadsmiljö, bland annat parker, gator och offentliga platser, parkeringsplatser och mer (Water by design, 2014).

Fremsta målet med användningen av regnbäddar är fördröjningen av flöden, för att minska belastningen på dagvattensystemet samt recipienten. Regnbäddar har även andra funktioner, såsom att rena föroreningar i dagvattnet, reducera skador som uppstår vid kraftiga regn samt fungera som en attraktiv utomhusmiljö (Fridell & Jergmo, 2015).

Vid kraftig nederbörd sker fördröjning och lagring i jordens och makadamens porvolym men vanligtvis är kapaciteten inte tillräcklig för att ta hand om allt vatten. Därför är en regnbädd konstruerad nedsänkt i förhållande till den omkringliggande marken (eller kantstöd som är upphöjd) en lösning för att skapa ytterligare fördröjningsvolym. Detta hjälper till att utjämna dagvatten ovan regnbädden (Lindfors et al., 2014).

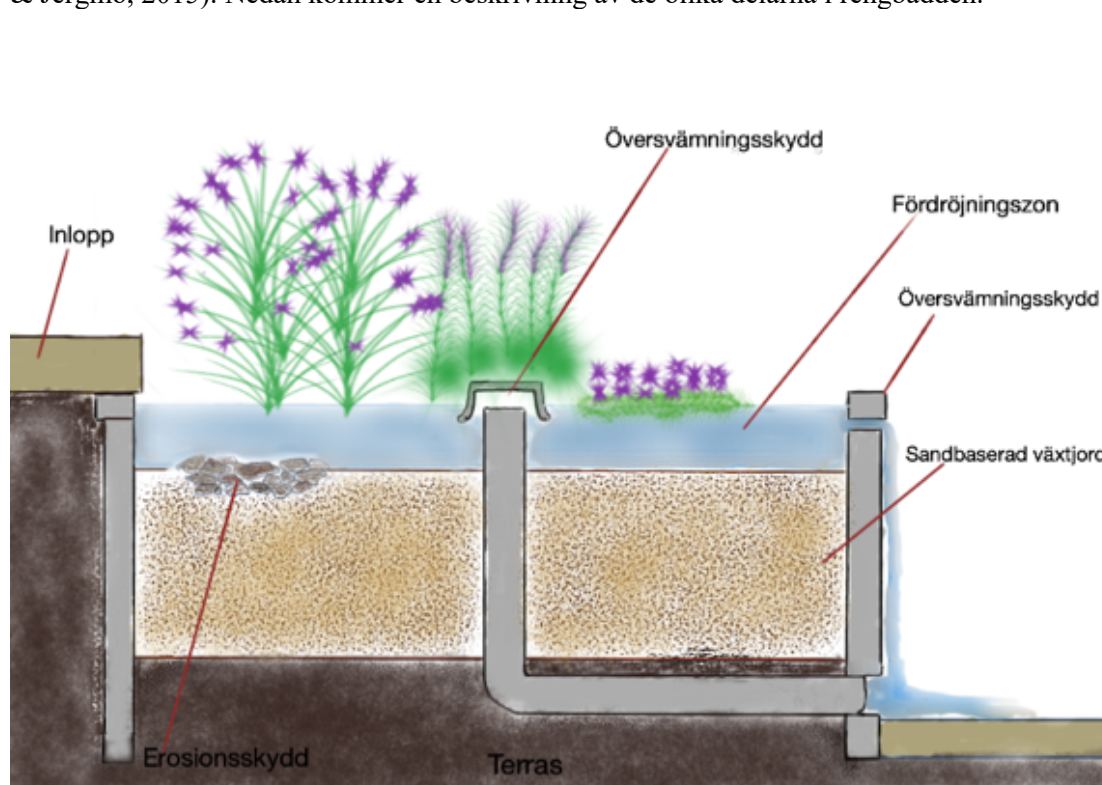
Utformning av regnbäddar

Regnbäddar en flexibel konstruktion som kan anpassas efter befintliga landskap i städerna. När det gäller utformning av biofilter är det svårt att ge exakta rekommendationer eftersom alla områden har sina egna speciella villkor (Lindfors, et al., 2014).



Figur 2. Bilden visar anläggningsprocessen av regnbädd. (Fotograf. Ann-Mari Fransson)

Det är viktigt att placera regnbädden i ett relativt flackt område och att anläggningsplatsen har en lutning på mellan 1-5 % för att få ett effektivt resultat. Avrinningshastigheten för vattnet som kommer in i regnbäddar bör vara så låg som möjligt för att kunna behandla vattnet mer effektivt (Virginia, 2011). Idag finns fem olika grundkonstruktioner för regnbäddar där den huvudsakliga skillnaden mellan dem ligger i hur avvattningen är konstruerad. Gemensamt för alla konstruktioner är följande: inlopp, fördröjningszon, erosionsskydd, växtjord, bräddavlopp och ett system för avvattning (Fridell & Jergmo, 2015). Nedan kommer en beskrivning av de olika delarna i regnbädden.



Figur 3. Illustration av Elnaz Habibi, Regnbädd

Förbehandling och Inlopp

Förbehandling krävs om dagvattnet innehåller höga halter av sediment. Genom förbehandling reduceras risken att det sedimenterade vattnet når biofiltret samt säkerställer biofiltrets funktion och en lång livslängd. Den höga sedimentbelastningen gör att filterytan täpps till och därigenom minskar infiltrationsförmågan. Några exempel på förbehandlingar är sedimentationsdammar, svackdike och grusfyllt dike (Fridell & Jergmo, 2015).

Det finns flera sätt att leda dagvattnet till regnbäddar tex via ledning, ränna, kanal, öppning i konstruktionen eller över en gräsremsa (Virginia, 2011). Det är inloppets utformning som avgör hastigheten och mängden vatten som leds in i biofilter. Sedimentfälla kan placeras vid inloppet om dagvattnet innehåller höga mängder av sediment (Lindfors, et al., 2014). Det är viktigt att dagvattenflödet fördelas snabbt över ett stort område för att reducera risken för erosion (FAWB, 2009). Därför placeras stenar (erosionsskydd) vid inloppet för att sakta ner vattenhastigheten och förhindra erosion. Om regnbädden är stort behövs flera inlopp för att vattnet ska spridas snabbt över ytan (Lindfors, et al., 2014).



Figur 4. Bilden visar en regnbäddkonstruktion med inlopp och erosionsskydd

Erosionsskydd

Erosionsskydd används för att förhindra att rinnande vatten bryter ner jordytan. Innan ett erosionsskydd dimensioneras är det viktigt att först avgöra var erosion uppstår och orsaken till det. Erosion sker främst vid in/utlopp och slänter. Inloppsdesign och jordegenskaper (som partikelstorlek, mängd och tyngd) är faktorer som bestämmer risken för erosion. Erosionsskyddet används även för att minska flödet in till regnbäddar och därmed minska försedimenteringen. Detta kan vara en lösning om det inte har gjorts något förbehandling (Lindfors, et al., 2014).

Vegetation är ett annat sätt att minimera risken för erosion men det är viktigt att växterna får ordentligt fäste. Användningen av ettåriga växter (blomsteråkerfröblandning) under det första året av regnbädden är ett sätt att motverka erosion (Lindfors, et al., 2014).

Fördröjningszon

Flödets storlek vid regn överstiger oftast infiltrationshastigheten. Då gäller att dagvattnet lagras över växtjorden och vidare infiltrerar ner i konstruktion. Djupet av fördröjningszon rekommenderas vara 10-30 cm samt vara tömt inom max 48 timmar (Minnesota Pollution Control Agency, 2008). Beroende på vilken vegetation och reningseffekt som önskas bör överskottsvatten i fördröjningszon och växtjord vara dränerat inom 24-48 timmar enligt Fridell & Jergmo (2015). Det viktiga är att ha utrymme för nya regn, det vill säga att inte orsaka syrefattiga situationer för växter och att mygggägg inte får tid till att hinna kläckas. Tömningstiden (24-48h) är relevant tid för att myggpopulationer inte utvecklas (Fridell & Jergmo, 2015).

Utlopp/bräddning

När överskottsvattnet inte kan omhändertas konstrueras ett bräddavlopp (oavsett typ av biofilter) för att säkert leda bort vattnet från anläggningen (CIRIA. 2015). Biofilter kan konstrueras med två bräddavlop på varierande nivåer. Ena bräddavloppet styr fördröjningszonens storlek och det andra (placerad högre) är en säkerhet vid kraftigt regn. Översvämningsszon är den zon som bildas mellan bräddavloppen och bör tömmas snabbt (genom det lägsta bräddavloppet) efter att regnet har slutat. Bräddavlopp placeras nära inloppet så att i händelse av kraftigt regn behöver vattnet inte passera hela biofiltret (Lindfors, et al., 2014).

Brunnar/rensbrunn

Såsom dagvattensystem med ledningar behöver biofiltret också ha inspektionsbrunnar och rensbrunnar för att säkerställa rengbäddens funktion (Lindfors, et al., 2014).

Avvattningssystem

Dräneringsledningen är tänkt för att leda bort överskottsvatten i syfte att undvika stående vatten i fördröjningszon eller växtbädden (Fridell, 2015). Terrassens egenskaper för vattendränering är en nyckelfaktor vid val av ett avvattningssystem och typ av biofilter. Det innebär att om det finns friktionsjord behöver anläggningen inte ha dräneringsledning eftersom vattnet infiltreras ner i terrassen men om den omgivande jorden består av lera krävs en dräneringsledning (Lindfors, et al., 2014).

Filtermaterial och vegetation

Egenskaper hos filtermaterialet är en avgörande faktor för vegetation, infiltration, rening och fördröjning. Det får göras avvägningar kring vilken funktion som önskas (rening/fördröjning). Vegetationens förutsättningar påverkas av valet (Lindfors, et al., 2014).

Rekommendationerna angående filtermaterialets djup är olika. När det gäller gräsytor eller perenner ska filtret vara minst 400 mm och buskar minst 600 mm. För träd är det rekommenderade minsta filterdjupet 800 mm (FAWB, 2009).

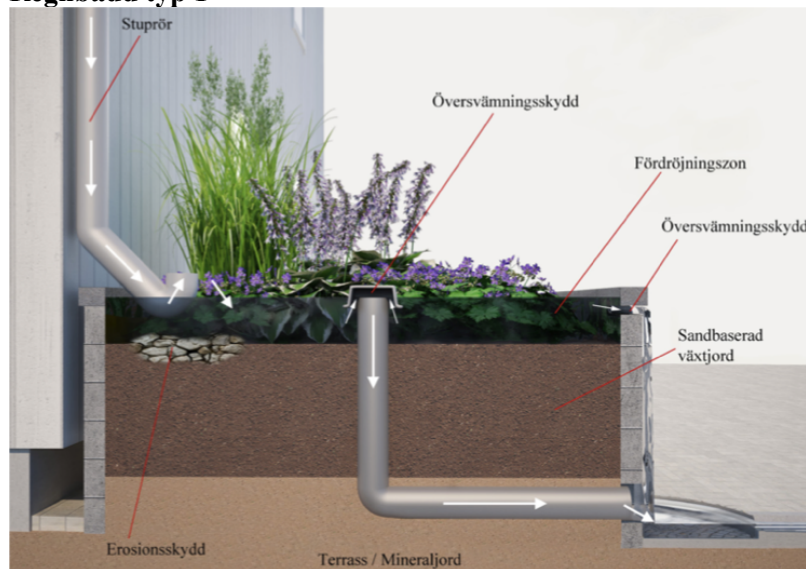
Dimensionering

Informationen om hur rengbädden ska vara dimensionerad förhållande till avrinningsområdet varierar. CIRIA (2015) berättar att regnbädden ska vara 2-4 % av avrinningsområden men enligt Blecken (2016) ska det vara 2-6%. Det är emellertid tydligt att en regnbädd kräver en stor yta relativt avrinningsytan för att kunna uppfylla renings- och fördröjningskraven. I annat fall finns det risk för överbelastning om anläggningen är liten. När det gäller att dimensionera för en regnbädd är det viktigt att bestämma återkomsttid för regnet som dimensioneras. Även här finns olika uppgifter uppgifter där regnbäddar enligt Lindfors, et al. (2014) dimensioneras med en återkomsttid på 2-10 år och enligt Blecken (2016) ½ -2 års återkomsttid. Överskottsvattnet vid ett kraftigt regn leds bort via bräddningsdiken (Blecken, 2016).

Olika typer av regnbäddar

Sedan konceptet med regnbäddar lades fram har material och utseende genomgått stora förändringar. Regnbäddar kan bestå av olika strukturer som kan blandas och kombineras men i allmänhet kan de delas in i fem olika typer. Skillnaden mellan de olika typerna av regnbäddar ligger främst i hur dräneringen är konstruerad. Det som är gemensamt för de olika typerna är att alla har inlopp, fördröjningszon, erosionsskydd, växtjord, bräddavlopp och ett system för avvattning i någon form (Fridell & Jergmo, 2015). Nedan följer en beskrivning av fem olika designen av regnbäddar. Det som beskrivs är upphöjda regnbäddar men fungerar också för de är nedsänkta.

Regnbädd typ 1



Figur 5. Regnbädd typ 1. Illustration av Kent Fridell & Tengbomgruppen

Den här typen av regnbädd saknar avvattningssystem vilket passar för terrass med en hög genomsläpplighet och förmåga att omhänderta dagvatten. För att säkerställa att denna typ av regnbädd tål påfrestningar från stora mängder perkolerande vatten bör markundersökningar utföras. Regnbädd typ 1 rekommenderas inte för dagvatten eller terrassen med höga föroreningshalter eftersom det är stor sannolikhet att grundvattnet förorenas. Även känsliga byggnader och fastigheter i närheten kan skadas på grund av högt grundvatten (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbädd typ 2



Figur 6. Regnbädd typ 2. Illustration av Kent Fridell & Tengbomgruppen

Den här typen har en dränledning som säkerställer att överskottsvattnet inte blir stående i bädden länge än det som rekommenderas. Regnbädd typ 2 passar för en terrass med något lägre genomsläpplighet eller där grundvattennivån redan är hög (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbädd typ 3



Figur 7. Regnbädd typ 3. Illustration av Kent Fridell & Tengbomgruppen

I bottenlagret av denna typ av biofilter används makadamlager och dränledning. Makadamlagret fungerar som kapillärbrytande skikt vilket innebär att grundvattnet inte når upp i växtjorden. Genom det kapillärbrytande skiktet skapas även en fördröjningszon under växtjorden som ger det infiltrerade dagvatten längre tid att perkolerar vidare ner i terrassen. Om avståndet mellan växtjord och makadam är litet bör mineraljorden inte innehålla för mycket finmaterial, eftersom det kan resultera syrefri miljö. Detta innebär att denna typ, jämfört med andra typer av biofilter inte har tillgång till det underliggande grundvattnet. Detta gör växterna mer beroende av vattnet från ovan. Vid dräneringsjämvikt styrs mängden vatten i växtjorden av avståndet till makadamlagret och inte av terrassens grundvattenyta (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbädd typ 4



Figur 8. Regnbädd typ 4. Illustration av Kent Fridell & Tengbomgruppen

Biofilter typ 4 har en tät duk både på sidorna och under makadamlagret i syfte att förhindra dagvatten inte skadar närliggande anläggningar eller låter föroreningar infiltrera ner till grundvattnet. Om oavsiktligt utsläpp inträffar kan dräneringsledningen stängas för att förhindra att det sprids. Mängden vatten i växtjorden regleras av avståndet till makadamskiktet. (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbädd typ 5



Figur 9. Regnbädd typ 5. Illustration av Kent Fridell & Tengbomgruppen

Biofilter typ 5 är en version av typ 4 men här sätts bädden med ett vattenlås. Vattenlåset bildar ett vattenförråd. Denna typ av regnbädd lämpar sig till områden med långa perioder av torka utan nederbörd eller där endast ett grunt lager av växtjord kan användas. Vattenlåset kan bland annat hålla kvar vatten under längre tid och vilket kan öka avlägsnandet av föroreningar, vegetationens vattentillgång och avdunstning. Vattenlåset minskar även risken för rotnäring och gör att en fluktuerande aerob/anaerob zon skapas i botten. Detta gör det möjligt att reducera kväve genom denitrifikation i regnbädd typ 5 (Fridell & Jergmo, 2015).

En variant av typ 5 är att den täta duken utesluts. Det leder till snabbare tömning av vattenförrådet och förmågan att klara perioder av torka minskar. Dock behålls fördelen med att jämnare fördröja dagvattnet och högre bevattning av växtjorden (Fridell & Jergmo, 2015).

2. Litteraturstudie

Vilken reningseffekt har regnbäddar på halterna av kväve och fosfor i dagvatten i skandinaviska klimat?

2.1 Rening av föroreningar i regnbäddar

En regnbädd ska utformas så att den kan infiltrera och rena vatten på ett sätt som sker i naturen. Rening sker huvudsakligen genom filtrering och sedimentering i substratet och vegetationen, men även genom utfällning, absorption och adsorption av bland annat markpartiklar (Fridell & Jergmo, 2015). I dagvattnet renas föroreningar på olika sätt, dels beroende på vegetationen och dels beroende på typen av filtermedia. (Lindfors et al., 2014).

Filtermaterialet i biofilter har en avgörande effekt vid rening av dagvatten. När dagvatten perkolerar genom filtermaterialet binds föroreningar via mekanisk-, kemisk- och biologisk process. (Bratiers et al, 2008).

Mekanisk process: Vid perkolation/infiltrering strömmar vatten ner i marken och passerar genom olika filtermaterial. Här kvarhålls olika föroreningar och på så vis renar vatten innan det når recipienten. (Lindfors et al, 2014)

Biologisk process: Vegetationen i biofiltret spelar en viktig roll i reningsprocessen. Vegetation främjar transporten av syre till underliggande skikt / filtret. På detta sätt kan den mikrobiella aktivitetsnivån och variabiliteten hos filterbädden stödjas, samt biologiska transformation av föroreningar (Bratiers et al, 2008). Mikroorganismer och växter har förmågan att absorbera föroreningar och därmed separera dem från vattnet (Lindfors et al, 2014)

Kemisk process: Som nämns tidigare sker reningen även genom utfällning, absorption och adsorption av bland annat markpartiklar. Till exempel är fosfor ett av de ämnen som är lätta att binda, men det är svårt att binda kväve (Lindfors et al., 2014).

Det förekommer olika föroreningar i dagvatten bland dessa finns näringsämnen, fosfor och kväve. Fosfor är ett viktig gödningsmedel till växter. Det tas upp av växter som finns i biofiltret och binder också kemiskt till olika filtermaterial. Det är viktigt att fosfor renas från vatten eftersom alltför hög halt av fosfor skapar övergödning i vattendrag. Kväve renas under syrefattiga förhållanden i en process som heter denitrifikation. För hög halt av kväve i vatten leder till övergödning därför bör det avskiljas från vatten (Lindfors et al, 2014).

2.2 Rening av näringsämnen (Fosfor och Kväve)

Rening av kväve och fosfor är annorlunda jämfört med metaller och TSS (totalt suspenderat fast ämne), eftersom reningseffektiviteten för näringsämnen i ett standard biofilter inte är hög. Det vill säga standard biofilter innehåller mycket organiskt material och höga halter av näringsämnen, vilket kommer att ha en negativ inverkan på reningen. Det finns ett varierande resultat, både en mycket effektiv minskning av näringsämnen och ett högt utläckage. En studie visar en minskning av fosfor i biofilter med 70-80%, medan en annan rapporterar ett läckage (0,1 mg L⁻¹ respektive 0,35 mg L⁻¹ totalt fosfor som läcker). På liknande sätt varierar reningen av kväve från att vara effektiv till ett läckage (Blecken, 2016).

Fosfor finns ofta partikelbundet och beroende på mekanisk filtrering av partikulärt fosfor renas det olika effektivt. Det kan också finnas i upplöst form, och dess reduktion sker huvudsakligen genom sorption i filtermaterialet (Blecken, 2016).

Flera studier har emellertid indikerat på ett nettoläckage av fosfor som ett resultat av läckage av fina partiklar med bunden fosfor. Dessutom beskrivs det att det är ett vanligt fenomen i nyligen

installerade filtermaterial. Vidare visar studier att utsläppet minskar med tiden då finmaterialet sedimenterar eller tvättas ur. Därför är det viktigt att välja rätt filtermaterial om låga halter av fosfor är målet. Ett filtermedia och finsediment med högt fosforinnehåll bör undvikas (Blecken, 2016).

En storskalig kolumnstudie genomfördes i Melbourne, Australien för att testa prestanda för dagvattenbiofilter för avlägsnande av sediment, kväve och fosfor. Kolumnerna innehöll olika filtertyper och vegetation. Analyserna visade att kolumner med standard sandjordsmedia (dvs. utan tillsatser) och kolumner med tillsatt vermikulit / perlit presterade betydligt bättre för kväve borttagning än kolumnerna med tillsatt organiskt material. Resultaten för avlägsnande av fosfor var liknande, även avlägsnandet varierade mer mellan filtermediatyper. Kolumner med standard sandjord eller med tillsatt vermikulit / perlit presterade väl men tillsats av organiskt material till markmediet resulterade i en minskning av borttagningen (Bratiers et al, 2008).

När det gäller kväve beror reduktionen på formen av kväve. Enligt studier är reduktionen effektiv då kväve förekommer i form av ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och kjeldahlkväve men reduktionen av nitrat/nitrit ($\text{NH}_x\text{-N}$) är inte tillräcklig. Dessutom betraktas nitrat/nitrit som främsta anledningen till läckage. En studie om kväveläckage visar att i inflödet av dagvatten i rengbädden var koncentrationen 0,4 mg L⁻¹ $\text{NO}_x\text{-N}$ och utflödet var koncentrationen 3,8 mg L⁻¹ $\text{NO}_x\text{-N}$. Det innebär att nitrat har producerats i rengbädden. Det kväve som inte avskiljs från dagvatten förs vidare till recipienten, vilket orsakar problem och begränsar primärproduktionen (Blecken, 2016).

2.2.1 Vattenmättade zonen

För att rena kväve krävs en denitrifikationsprocess. Till detta kan vattenmättad zon för att möjliggöra denitrifiering och därmed öka den totala kväve reduktionen. Eftersom kväve renas i syrefattiga miljöer fungerar den vattenmättade zonen som ett hjälpmedel att skapa en anaerob miljö och bakterierna i dagvattnet kommer att främja separationen av kväve. Reduceringen av kväve ökar ännu mer om en kolkälla (tex. trädfällis och mull) tillsätts (Lindfors, et al., 2014).

Den vattenmättade zonen är dock också fördelaktig för metallrening främst kopparrening på grund av den ökade komplexbildningen av Cu och partikulärt organiska partiklar (Blecken, 2016). Förutom detta levererar den vatten till filtermaterialet för att förhindra torka under torra perioder. För att få effekten som efterfrågas bör den vattenmättade zonen ha ett djup av minst 300 mm (FAWB, 2009).

Det är diskutabelt om det är lämpligt att konstruera en vattenmättad zon eller inte eftersom det ännu inte har testats under svenska klimatförhållanden. Vid låga temperaturer förändras även kvävereningens grad i den vattenmättade zonen. Förutom minskningen av reningsgraden rekommenderas också att överväga en annan nackdel, nämligen risken för isbildning i området (Larm & Blecken, 2019).

2.2.3 Val av filtermaterial

De flesta av de partikelbundna föroreningarna separeras genom sedimentering, dvs. mekanisk filtrering i filtermaterialet. Därför är filtermaterialet en viktig faktor vid rening av ämnen. Dessutom binds ämnen via adsorption vilket är en kemiskt process. Tex binds fosfor och metaller på ovansidan av filter materialets korn (Søberg, 2019). Ett filter med högt näringsinnehåll och vattenhållande kapacitet och/eller organiskt material främjar vegetationen, men orsakar dålig rening och bräddning (Larm & Blecken, 2019).

De senaste åren har olika jordblandningar för "rain gardens" dykt upp på marknaden, även i Sverige. De är främst avsedda att främja vegetation och samtidigt fördröja vatten. Nya jordar har lägre infiltrationskapacitet för att hålla kvar vatten under längre perioder. Men en sådan anläggning har inte

en hög grad av rening, därför är det extremt viktigt att välja rätt filtermaterial för rätt ändamål (Blecken, 2016).

Med andra ord är det viktigt att specificera målet. Rening uppnås genom att växter anpassas till filtermaterialet inte tvärtom. Är målet att främja växter väljs material som innehåller hög halt av näringsämnen och organisk material samt har hög vattenhållande förmåga. Observera att alla dessa har en negativ inverkan på rening (Blecken, 2016).

Ganska enkla jord / sandblandningar med mindre lerinnehåll används ofta som filtermaterial i biofilter. Dessa material kan i allmänhet ge en tillräcklig reningsgrad för de flesta föroreningar. Olika reaktiva filtermaterial har också testats som tillsatser i biofilter och har visat bra effekter (Blecken, 2016).

Tabell 1. Rekommendationer kring val av filtermaterial (Larm & Blecken, 2019).

Generell rekommendation		
Grövre sand med 15 % anläggningsjord		Mycket effektiv rening av metaller och fosfor.
Finmaterial		Ska undvikas om fosforrening prioriteras.
Gödsling		Får ej förekomma om rening av näringsämnen prioriteras eller om näringsämnen är prioriterade i recipienten.
Tillsatser till filtermaterial		
Organisk material generellt	Fosfor	Risk för läckage.
	Kväve	Risk för läckage.
Sågsplån	Kväve	Förbättrar kväverening i vattenmättade zonen.
Kompost, torv	Näringsämnen	(Mycket högt) utläckage av näringsämnen och koppar.
Tidningspapper, sågsplån, halm	Kväve	Förbättrar kväverening i vattenmättad zon.
Biokol/aktivt kol	Fosfor	Både förbättring och försämring av fosforrening rapporteras.
	Kväve	Förbättrad rening av kväve.
Flygaska	Fosfor	Förbättrar fosforrening.
Järnspån, stalull		Gynnar fosforrening.
Järn och aluminiumoxider		Förbättrar fosforrening.
Pimpsten		Positiv effekt på fosforrening.

Biokol som filtermedia

En studie gjordes för att utvärdera den potentiella användningen av biokol som ett filtermedium och för att undersöka dess effektivitet för avlägsnande av blandade föroreningar (totalt suspenderat fast ämne (TSS), näringsämnen, tungmetaller, polycykliska aromatiska kolväten (PAHS) och E coli) från syntetiskt dagvatten. Resultaten visade att detta filter minskade TSS i dagvattenavloppet med i genomsnitt 86% och koncentrationerna av nitrat och fosfat med 86 respektive 47%. Efter filtrering minskade koncentrationen av Cd, Cr. Cu. Ph, Ni och Zn (tungmetaller) med 18, 19, 65, 75, 17. respektive 24%. Vidare beskriver studien att variationen beror på de olika tungmetallernas kemiska beteende såväl som biokolets egenskaper. Biokol som användes i denna studie visade vara effektiv för avlägsnande av föroreningar från stadsavrining (Reddy, et al., 2014).

Biokol gör markstrukturen porös och ökar katjonbyteskapaciteten (CEC) vilket innebär att viktiga näringsämne och zink samt andra giftiga metaller binds till biokolet. Dessutom förbättrar biokol jordens vatteninnehåll eftersom biokolet håller kvar vatten bättre. Detta i sin tur gynnar växterna i biofiltret och som följd ökar växternas biologiska reningseffekt (Reddy, et al., 2014).

2.2.4 Vegetation

Växter bidrar till ökad rening genom sitt näringsupptag. Ett biofilter med växter förbättrar avsevärt reduktionen av både fosfor och kväve (Fridell & Jergmo, 2015). Fridell & Jergmo (2015) berättar vidare att under det första året är finns det stort sannolikhet möjlighet för kväve, fosfor att läcka ut innan växtjorden är i jämvikt.

Det finns dock skillnader i effektivitet beroende på växtsort (Larm & Blecken, 2019).

Då näringsämnen inte förbrukas utan endast lagras i växternas biomassa är det viktigt att ta bort döda delar av växter för att avlägsna näringsämnena från platsen. Om de döda växtdelarna inte tas bort från biofiltret återgår näringsämnena till systemet (Claytor & Schueler, 1996; Hunt & White, 2001).

Även växternas rötter spelar viktig roll för rening av föroreningar. Rötter hjälper till att rena vatten och binda föroreningar. Detta förhindrar att föroreningar riktas ner i filtret. Växternas rötter ger också en bättre struktur för jorden och är mycket viktiga för att upprätthålla god genomsläpplighet (infiltrationskapacitet) över tid. Bakterier, svampar, maskar och andra mikroorganismer i växtjord främjar nedbrytning och transformation av föroreningar och viss kvävefixering (Banach, 2018).

Enligt en kolumnstudie som genomfördes i Melbourne, Australien visade att vegetationsvalet var avgörande för kväve borttagningseffektiviteten, t.ex. *Carex appressa* och *Melaleuca erucifolius* presterade betydligt bättre än andra testade arter. Dessutom fanns det betydande skillnader mellan kolumner med växter respektive kolumner utan växter. Kolumner med växter renade stora mängder av föroreningar (Bratiers et al, 2008).

Vegetation sänker vattnets hastighet och partiklar kan sjunka till botten eller fastna i vegetationen. Växter reducerar resuspension, alltså hindrar att sediment virvlar upp. De har också förmågan att bibehålla infiltrationskapacitet. På vinter skapar de kanaler eftersom isen smälter fortare vid stammar. Dessa kanaler skapar en väg förbi islagret för vatten, koldioxid och syre (Larm & Blecken, 2019).

Vegetation absorberar också näringsämnen och vissa växter släpper ut bakteriedödande ämnen genom sina rötter, vilket kan minska förekomsten av skadliga mikroorganismer. När det gäller metaller har växter mindre reningseffekt. Dock har växter en signifikant effekt på rening av näringsämnen (Larm & Blecken, 2019). Genom växternas förmåga att absorbera föroreningar och näringsämnen (såsom fosfor, kväve och andra näringsämnen) i biomassan ökar reningseffekten med cirka 5-10% under växtsäsongen (Banach, 2018).

Valet av växtarter för biofilter beror på många faktorer, såsom estetik, torka / översvämningstolerans, salttolerans etc. Växter som klarar av sådan miljö hittas i funktäng. Funktäng (dock inte alla) är vanligtvis översvämmade på våren och torra på sommaren. Biofilter är väl-dränerade till skillnad från funktäng. Detta medför svårigheter för växter under långa torra perioder. (Larm & Blecken, 2019).

2.2.5 Rening under vinter

Det finns liten kunskap om biofiltersfunktion (fördröjning, rening och påverkan på vegetation) under vintern. Det bör noteras att vägarna i Sverige saltas på vintern och vintrarna är kalla, särskilt i de norra delarna av Sverige, vilket bland annat kan medföra frysning av jorden. Genom att använda ett grövre filtermaterial kan risken för frysning när substratet är vattenmättat minskas. När vattnet rinner snabbare genom filtret minskar risken för stående vatten och därmed frysning. Detta i sin tur minskar risken för igensättning. Däremot har dessa negativ inverkan på reningen, eftersom snabbare transport av vatten genom substratet minskar reningen av dagvatten (Fridell & Jergmo, 2015).

Fridell & Jergmo (2015) skriver att låg temperatur inte påverkar rening av metaller i hög grad däremot försämras rening av kväve och fosfor. Reningen av kväve fungerar dåligt och en stor mängd urlakning ses.

3. Diskussion

Rapporten visar att det finns olika faktorer som styr reningen av kväve och fosfor i rengbädden. Bland de viktigaste faktorerna har filtermaterial och vegetation en avgörande roll för reningen av P och N. Genom filtermaterialet binds föroreningar från dagvattnet med hjälp av mekanisk adsorption och biologiskt upptag. Genom vegetation fångas P och N vilket ger en minskning av läckage. Men förutom filtermaterial och vegetation spelar den vattenmättade zonen också en stor roll för reningen av kväve. Genom denna uppsats har jag kommit fram att tre största faktorer som kan minska P och N läckage är ; filtermaterial, vegetation och vattenmättade zonen.

Biofilter har flera funktioner där främsta målet är fördröjning av flöde med även det har flera andra funktioner såsom är rening av olika ämne, minskning av skador under kraftiga regn, attraktiv utomhusmiljö mm. Men detta arbete fokuserar endast på rening av näringsämne (P och N). Genom resultaten visades att regnbäddar har goda effekt när det gäller rening av olika ämne såsom metaller, olja och näringsämne (fosfor och kväve). Generellt sett visar resultaten på att rening av fosfor och totalkväve varierar beroende på val av filtermaterial, vegetation och om det finns vattenmättadezon. Men det finns fortfarande inte många studier eller forskningar i Sverige som visar reningseffekten av regnbäddar för P och N.

Det förekommer en del osäkerheter kring resultaten eftersom rening av olika ämne anges i procent. Det är viktigt att veta föroreningskoncentrationen i det ingående vatten. Det vill säga om ingående vattnet innehåller låg halt av förorening så kommer koncentrationen i det utgående vattnet också vara låg också vilket gör osäkerheten i mätningen av minskningen stor. Dessutom visade resultaten att P och N reningen varierar beroende på årstid vilket skapar osäkerhet kring de olika studier eftersom det inte har framgått vilket årstid beräkningarna baseras på.

En annan aspekt som skapar osäkerhet i vissa studier och tabeller är att det inte framgår tydlig vilken typ av kväve man mätt. När det gäller reduktionen av kväve så skiljer det sig mellan olika former av kväve tex ammoniumkväve, kjeldahlkväve eller nitrat/nitrit. I många studier framgår att N renas med x procent. Men det är även viktig att ange vilken form av kväve visas rening på tex. om det är nitrat kväve eller ammoniumkväve.

Slutligen visar resultaten att reningen av kväve (nitrit/nitrat) och fosfor beror på filtermaterial, vegetation, vattenmättad zon och årstid. Allteftersom regnbäddar är nya konstruktioner som inte har testats utbrett i Sverige så finns det begränsad erfarenhet gällande rening. Därför behövs mera forskning kring regnbäddar och rening av näringsämnena fosfor och kväve.

4. Källförteckning

Allan J. D., Castillo M. M., 2007. *Stream Ecology, Structure and Functioning of Running Waters*. Springer. The university of Michigan. Ann Arbor, MI, U.S.A.

Blecken, Godecke., Larm, Thomas., (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. Svenska Vatten utveckling. Luleå tekniska universitet

Blecken, Godecke.(2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenhantering. Svensk vatten utveckling*. Luleå Tekniska Universitet.

Boverket.(2019). *Ekosystemtjänster för klimatanpassning – dagvattenlösningar och temperaturreglering*. Boverket

Bratieres,K., Fletcher, T.D., Deletic, A., Zinger, A., *Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large-scale design optimisation study*. Water research 42. Department of Civil Engineering, Monash University, Victoria, 3800, Australia

Börling, Katarina. (2010). *Dammar som samlar fosfor*. Jordbrukverket.

CIRIA (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.

FAWB.(2009). *Stormwater biofiltration systems*. Adoption Guidelines. Planning, Design and Practical Implementation. Version 1, June 2009. Facility for Advancing Water Biofiltration.

Fridell, K. Jergmo, F. (2015). *Regnbäddar tar hand om dagvatten med filtersubstrat och vegetation*. Movium Fakta (Vol.2), Sveriges Lantbruksuniversitet.

Jordbruksverket. (2020). *Övergödning och läckage av växtnäring*. Jordbruksverket

Lindfors, T. Bodin-Sköld, H. & Larm, T. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*. Vinnova, Sweco.

Sveriges miljömål. (2019). *Biofilter - en lösning för stadsnära dagvattenrening i kalla klimat*. Sveriges miljömål

SLU-nyhet. (2019). *Gröna lösningar gav skydd mot översvämning*. Sveriges landsbruksuniversitet

Minnesota Pollution Control Agency (2008). *Minnesota Stormwater Manual*. (version 2). St. Paul: Minnesota Pollution Control Agency.

Prince George's County. (2007). *The bioretention Manual*. Department of Environmental Resources. The Prince George's County, Maryland.

Vinnova. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*. Vinnova-utmaningsdriven innovation- Hållbara attraktiva städer

Virginia. (2011). *Bioretention*. Virginia Stormwater Design Specification NO.9.

Reddy, et al., (2014). *Evaluation of Biochar as a Potential Filter Media for the Removal of Mixed Contaminants from Urban Storm Water Runoff*. Journal of Environmental Engineering. ISSN 0733-9372/04014043(10)/\$25.00

Water by design. (2014). *Bioretention technical design guidelines*. Water by design. Version (1.1)

Wise, Steve. (2008). *Green Infrastructure Rising*. American planning association

Figurer

Figur 1: Illustration av Elnaz Habibi

Figur 2. Fotografi taget av Ann-Mari Fransson Figur 3. Med tillstånd att publiceras.

Figur 3. Illustration av Elnaz Habibi

Figur 4: Illustration av Elnaz Habibi

Figur 5-9. Illustration av Kent Fridell & Kristian Klasson Tengbomgruppen AB, 2014. Med tillstånd att publiceras.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.